OPTIONS FOR REDUCING METHANE EMISSIONS FROM PNEUMATIC DEVICES IN THE NATURAL GAS INDUSTRY

بعض الخيارات لتقليل انبعاثات الغاز من الأجهزة الهوائية في صناعة الغاز الطبيعي

ملخص تنفيذي

يتم استخدام الأجهزة الهوائية المدعومة بالغاز الطبيعي المضغوط بشكل كبير في صناعة الغاز الطبيعي مثل أجهزة ضبط مستوى السائل وأجهزة تنظيم الضغط وأجهزة التحكم في الصمام. هذا، وتعد انبعاثات الغاز من الأجهزة الهوائية، والتي تم تقديرها بـ ٥١ مليار قدم مكعب في العام في قطاع الإنتاج و١٤ مليار قدم مكعب في العام في قطاع النقل وواحد مليار قدم مكعب في العام في قطاع المعالجة، أحد أكبر مصادر انبعاثات الغاز من صناعة الغاز الطبيعي. يمكن أن يكون تقليل هذه الانبعاثات عن طريق استبدال الأجهزة ذات معدل التسرب المرتفع بأجهزة أخرى ذات معدل تسرب منخفض وإصلاح الأجهزة ذات معدل التسرب المرتفع وتحسين ممارسات الصيانة، مفيدا.

حقق شركاء "ستار" للغاز الطبيعي فوائض كبرى ومعدلات انخفاض كبرى في معدلات انبعاث غاز الميثان من خلال استبدال وإصلاح وصيانة الأجهزة الهوائية ذات معدل التسرب المرتفع. وقد توصل الشركاء إلى كون معظم الاستثمارات الخاصة بالإصلاح تعود عليهم بعوائد قليلة على مدار العام كما أن الاستبدالات تعود بنفع قليل على مدار ستة أشهر. وفي الوقت الحالي، وفر شركاء "ستار" للغاز الطبيعي ٣٦,٤ قدم مكعب في العام عن طريق إصلاح أو استبدال الأجهزة ذات معدل التسرب المرتفع بأخرى ذات معدل تسرب منخفض، بمعنى فوائض تصل إلى ٢٥٤,٨ مليون دولار من الغاز. هذا، وسوف تتنوع الفوائض الفردية بناء على تصميم وحالة وأوضاع التشغيل الخاصة بجهاز التحكم.

طرق تقليل انبعاثات غاز الميثان	حجم التوفير في معدلات الغاز الطبيعي (ألف قدم مكعب/سنويًا)	مقدار التوفير في معدلات الغاز الطبيعي (بالدولار/سنويًا)[1]	تكلفة البدء في التنفيذ (بالدولار)	فترة تعويض تكلفة المشروع (بالأشهر)
الاستبدال: يتم تغيير الجهاز إلى جهاز ذا معدل تسرب منخفض في نهاية عمر الاستخدام - يتم الاستبدال المبكر للوحدة ذات معدل التسرب المرتفع	٥٠ إلى ٢٠٠	٣٥٠ إلى ١٤٠٠	٢١٠ إلى ٣٤٠[2]	٣ إلى ٨
	٢٦٠	١,٨٢٠	١,٨٥٠	١٣
الإصلاح	٢٣٠	١,٦١٠	٦٧٥	٦
الصيانة	٤٥ إلى ٢٦٠	٣١٥ إلى ١,٨٢٠	متواضعة إلى ٥٠٠	فوري إلى ٤

[1] تكلفة الغاز ٧,٠٠ دولارات لكل ألف قدم مكعب
[2] تكلفة متزايدة للجهاز ذا معدل التسرب المنخفض عن الجهاز ذا معدل التسرب المرتفع.

هذه سلسلة واحدة من "ملخصات الدروس المستفادة" التي أعدتها "وكالة الحماية البيئية" (EPA) بالتعاون مع جهات صناعة الغاز الطبيعي بخصوص التطبيقات الفائقة لـ"أفضل ممارسات الإدارة" (BMPs) والفرص المذكورة من جانب الشركاء (PROs) التابعة لبرنامج ستار للغاز الطبيعي Natural Gas STAR.

الدروس المستفادة

الخلفية الفنية

تستعين صناعة الغاز الطبيعي بمجموعة من أجهزة التحكم لتشغيل الصمامات وتنظيم الضغط والتدفق والحرارة ومستويات السائل. يمكن أن يتم دعم أجهزة التحكم بالكهرباء أو الهواء المضغوط عند كون ذلك متاحًا واقتصاديًا. وفي الغالبية العظمى من التطبيقات، تستعين صناعة الغاز الطبيعي بالأجهزة الهوائية التي تستفيد من الغاز الطبيعي المتاح ذا الضغط المرتفع وذلك من أجل توفير الطاقة.

تؤدي الأجهزة الهوائية الآلية المدعومة بالغاز الطبيعي مجموعة متنوعة من الوظائف في القطاعات الثلاثة عبر صناعة الغاز الطبيعي. في قطاع الإنتاج، يعمل ما يقدر بنحو ٤٠٠٠٠٠ جهاز هوائي على التحكم في ومراقبة تدفقات الغاز والسائل والمستويات في عوازل وفواصل المياه والحرارة في مجدد عوازل المياه والضغط في الخزانات الفجائية. وفي قطاع المعالجة يتم استخدام ١٣٠٠٠ جهاز هوائي غازي تقريبا من أجل التحكم في الضاغط وإزالة المياه من الجليكول في محطات تجميع/تعزيز الغاز وصمامات العزل في محطات المعالجة (يتم التحكم في المعالجة في محطات معالجة الغاز من خلال الهواء الآلي بشكل أساسي).

وفي قطاع النقل، يعمل حوالي ٨٥٠٠٠ جهاز هوائي على تشغيل صمامات العزل وتنظيم تدفق ضغط الغاز في محطات الضاغط وخطوط الأنابيب ومرافق التخزين. وقد تم التوصل أيضًا إلى وجود أجهزة عدم التسرب الهوائية على تشغيلات العدادات على محطات بوابة شركة التوزيع وشبكات التوزيع بها حيث تعمل هذه الأجهزة على تنظيم التدفق والضغط والحرارة.

وكجزء من التشغيل العادي، تخرج الأجهزة الهوائية أو تسرب الغاز الطبيعي في الجو. وعليه، فإنها تعتبر من بين المصادر الرئيسية لانبعاثات الميثان من صناعة الغاز الطبيعي. يعتمد معدل التسرب الفعلي بشكل كبير على تصميم الجهاز.

تعريف الأجهزة الهوائية ذات معدل التسرب المرتفع

يتم اعتبار أي جهاز هوائي ذا معدل تسرب أكبر من ٦ أقدام مكعبة قياسية في الساعة (أكثر من ٥٠ ألف قدم مكعب/العام) ذا معدل تسرب مرتفع من قبل برنامج ستار للغاز الطبيعي.

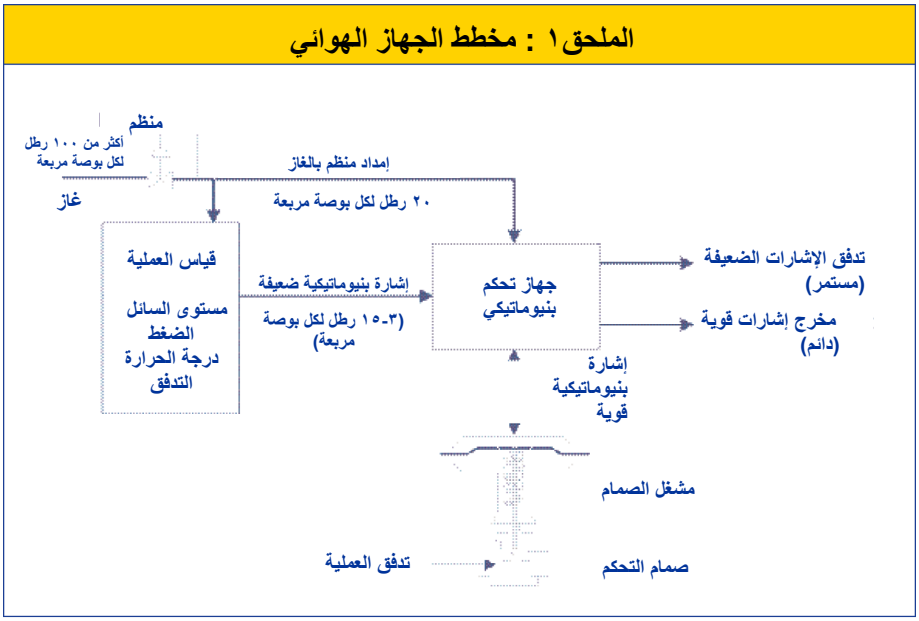
يقدم الرسم التوضيحي (١) مخططًا لنظام التحكم الغازي الهوائي. يتم تنظيم الغاز الطبيعي النظيف والجاف والمضغوط على وضع الضغط الدائم وعادة ما يقدر ذلك بنحو ٢٠ رطل لكل بوصة مربعة. يتم استخدام هذا الإمداد بالغاز كإشارة وكمصدر للطاقة. يتم إرسال تيار صغير لأحد الأجهزة الذي يعمل على قياس وضع العملية (مستوى السائل، ضغط الغاز، التدفق، درجة الحرارة). يعمل هذا الجهاز على تنظيم ضغط هذا التيار الصغير للغاز (من ٣ إلى ١٥ رطل لكل بوصة مربعة) بالتناسب مع وضع العملية. يتدفق التيار إلى جهاز التحكم في الصمام حيث يتم استخدام ضغطه المتنوع لتنظيم مشغل الصمام.

من أجل إغلاق الصمام الموضح في الرسم التوضيحي (١)، يتم توجيه ٢٠ رطل لكل بوصة مربعة من الغاز الهوائي إلى المشغل ويعمل ذلك على رفع الحاجز الهوائي إلى المشغل ويعمل ذلك الحاجز الذي يدفع سدادة الصمام المغلق من خلال ساق الصمام. عند خروج الغاز من المشغل يدفع الياي (الزنبرك) الصمام ويتم فتحه ويخرج (يتسرب) الغاز بشكل مستمر من خلال الإشارة الضعيفة إلى الجو. تستعين الأجهزة الهوائية الكهربائية بالتيار الكهربائي بدلا من تيار الغاز الضعيف للإشارة إلى تشغيل الصمام الهوائي.

بوجه عام، يكون لأجهزة التحكم ذات التصميم المشابه نفس معدلات التسرب المستقرة بغض النظر عن العلامة التجارية. هناك ثلاثة تصميمات للأجهزة الهوائية:

★ يتم استخدام أجهزة التسرب **المستمر** لتعديل مستوى التدفق أو مستوى السائل أو الضغط وهي تسرب الغاز في معدل ثابت.

الملحق١ : مخطط الجهاز الهوائي



الدروس المستفادة

- ★ **أجهزة التشغيل أو أجهزة التسرب المتقطع** وهي تقوم بالتحكم الفجائي وتسرب الغاز فقط عندما تصطدم بالصمام المفتوح أو المغلق أو عندما تعمل على زيادة سرعة التدفقات، و
- ★ **الأجهزة المستقلة** وتعمل على إخراج الغاز في خط الأنابيب ذا التدفق التحتي وليس إلى الجو.

من أجل تقليل الانبعاثات من الأجهزة الهوائية، يمكن الاختيار من بين الخيارات التالية. ويمكنك اختيار خيار واحد أو مجموعة من الخيارات:

١. استبدال الأجهزة ذات معدل التسرب المرتفع بأجهزة ذات معدل تسرب منخفض تتمتع بنفس القدرات على الأداء.

٢. تركيب مجموعة من أدوات الإصلاح على أجهزة التشغيل.

٣. تحسين الصيانة والتنظيف والضبط وإصلاح/استبدال الحاشيات التي تسرب الغاز وتجهيزات الأنابيب والأقفال.

توضح التجربة الميدانية أن ما يزيد على ٨٠% من الأجهزة ذات معدل التسرب المرتفع يمكن استبدالها بأجهزة ذات معدل تسرب منخفض أو إصلاحها. يذكر الرسم التوضيحي (٢) الخيارات العامة التي يمكن الاختيار فيما بينها للوفاء بمتطلبات جهاز التحكم.

الملحق ٢: الخيارات المتاحة لتقليل انبعاثات تسرب الغاز بناء على نوع جهاز التحكم

الإجراء	أنواع الأجهزة الهوائية		
	أجهزة التحكم في المستوى	أجهزة التحكم في الضغط	وحدات التحريك/ محولات الطاقة
الاستبدالات التسرب المرتفع مع التسرب المنخفض.	X	X	X (أجهزة كهربية هوائية)
الإصلاحات تركيب مجموعة أدوات الإصلاح	X	X	X
الصيانة الإمداد المنخفض بالغاز الضغط/استبدال الياي (الزنبرك)/إعادة التشكيل	X	X	X
إصلاح التسرب والتنظيف والضبط	X	X	X
تغيير وضع التقدم	X	X	
إزالة وحدات التحريك غير اللازمة			X

بوجه عام، سوف يتنوع معدل التسرب أيضا مع ضغط الإمداد الهوائي الغازي وتردد التشغيل وعمر استخدام أو حالة الجهاز. ونتيجة للحاجة إلى الدقة، فإن أجهزة التحكم التي يجب أن تعمل بشكل سريع سوف يكون معدل تسربها أكبر من الأجهزة التي تعمل ببطء. تعد حالة الجهاز الهوائي مؤشرًا قويًا على الانبعاث المحتمل أكثر من العمر، حيث تعمل الأجهزة الهوائية التي تتم صيانتها جيدا بكفاءة لسنوات عديدة.

الدروس المستفادة

المزايا الاقتصادية والبيئية

هذا، وسوف يسفر تقليل انبعاثات الميثان من الأجهزة الهوائية ذات معدل التسرب المرتفع من خلال الخيارات سالفة الذكر عن فوائد جلية من بينها:

- **عائد مالي من تقليل الخسائر الناتجة عن تسرب الغاز.** بناء على سعر الغاز ٧,٠٠ دولارات لكل ألف قدم مكعب، يمكن أن تتراوح فوائض الانبعاثات المنخفضة من ٣١٥ دولار إلى ١٨٢٠ دولار أو أكثر لكل جهاز في العام. في الكثير من الحالات، تتم استعادة تكلفة التطبيق في أقل من عام واحد.
- **زيادة الفعالية التشغيلية.** يمكن أن يؤدي الإصلاح أو الاستبدال التام للوحدات التالفة إلى تحسين أداء ودقة النظام ككل إضافة إلى تحسين مراقبة العوامل المتغيرة مثل تدفق الغاز أو مستوى السائل.
- **معدل انبعاث أقل لغاز الميثان:** يمكن أن تتراوح معدلات انخفاض انبعاثات غاز الميثان من ٤٥ إلى ٢٦٠ ألف قدم مكعب لكل جهاز في العام بناء على الجهاز والتطبيق الخاص.

عملية اتخاذ القرار

يمكن للمشغلين تحديد خيار تقليل تسرب الغاز الأكثر ملائمة لوضعهم وذلك عن طريق اتباع عملية صنع القرار المذكورة فيما يلي. وبناء على أنواع الأجهزة التي يتم اعتبارها، قد يكون هناك خيار واحد ملائما أو أكثر.

خمس خطوات لتقليل انبعاثات الغاز من الأجهزة الهوائية

١. قم بتحديد مكان ووصف الأجهزة ذات معدل التسرب المرتفع،
٢. قم بتحديد الجدوى الفنية وتكاليف البدائل،
٣. قم بتقييم الفوائض،
٤. قم بتقييم المزايا الاقتصادية، و
٥. قم بوضع خطة للتطبيق.

الخطوة (١) قم بتحديد مكان ووصف الأجهزة ذات معدل التسرب المرتفع. يجب على الشركاء في بادئ الأمر تحديد الأجهزة ذات معدل التسرب المرتفع والمرشحة للاستبدال أو الإصلاح. قد تتم عملية التحديد والوصف أثناء الصيانة العادية أو خلال مسح الأجهزة الهوائية للنظام ككل أو في أحد المرافق بشكل خاص. بالنسبة لكل جهاز هوائي، قم بتسجيل الموقع والوظيفة وجهة التصنيع والطراز والحالة وعمر الاستخدام المتبقي المقدر وخصائص معدل التسرب (حجم التسرب وسواء كان التسرب متقطعًا أم مستمرًا).

يمكن أن يتم تحديد معدل تسرب الجهاز الهوائي من خلال القياس المباشر أو من خلال البيانات التي يقدمها المصنع. يمكن أن يشتمل القياس المباشر على دراسات التغليف على بعض الأجهزة المختارة، قياسات أحد العينات ذات الحجم الكبير (انظر "الفحص الموجه والصيانة الموجهة في محطات الضاغط "الدروس المستفادة") أو منهج قياس التسرب المعياري للمشغل. سوف يتوصل المشغلون إلى عدم ضرورة قياس معدلات التسرب في كل جهاز. في معظم الحالات، تكون قياسات العينة من بعض الأجهزة كافية، توضح الخبرة كون معدلات التسرب لدى المصنعين يتم تقديرها بأقل مما يقتضي الواقع، وعليه ينبغي أن يتم استخدام بيانات القياس عند القدرة على الحصول عليها.

يوضح الملحق (أ) المعلومات الخاصة بالعلامة التجارية والطراز ومعدل تسرب الغاز - كما يوضح مصنعي العديد من الأجهزة الهوائية. لا تعد هذه القائمة تفصيلية لكنها تغطي أكثر الأجهزة الشائعة في الاستخدام. يتم ذكر البيانات الميدانية الفعلية عند إتاحتها.

تعريف الأجهزة الهوائية ذات معدل التسرب المرتفع

لكن هناك بعض الأجهزة ذات معدل التسرب المرتفع التي لا يمكن استبدالها بأجهزة ذات معدل تسرب منخفض حيث يتطلب التحكم في الصمامات الكبيرة جدا التي تحتاج إلى استجابة سريعة و/أو دقيقة لمعالجة التغييرات وجود أجهزة تحكم ذات معدل تسرب مرتفع. غالبا ما تتواجد هذه الأجهزة في أجهزة التحكم في التدفق ذا الضغط المرتفع وأجهزة التحكم الجانبية مع الضغط. توصي هيئة الحماية البيئية بالاتصال بالبائعين للحصول على أجهزة جديدة سريعة ذات معدلات تسرب أقل.

الدروس المستفادة

الخطوة ٢:قم بتحديد الجدوى الفنية وتكاليف البدائل. يمكن استبدال جميع الأجهزة الهوائية ذات معدل التسرب المرتفع تقريبا بجهاز معدل تسرب منخفض أو يتم إصلاحها. يمكنك استشارة البائع الذي قمت بشراء جهازك منه أو أحد المتخصصين في التشغيل الآلي. بالنسبة لإتاحة مواصفات وتكاليف الأجهزة الملائمة، يمكن طلب الأجهزة ذات معدل التسرب المنخفض عن طريق تحديد معدلات التسرب بأقل من ٦ أقدام مكعبة قياسية في الساعة. إنه لمن الضروري أن تلاحظ أن جميع المصنعين لا يذكرون معدلات التسرب بنفس الطريقة وأن الشركات يجب أن تتوخى الحذر عند شراء الأجهزة ذات معدل التسرب المنخفض.

يوضح الملحق (ب) بيانات التكاليف الخاصة بالكثير من الأجهزة الهوائية ذات معدل التسرب المنخفض ويعمل على تلخيص مواءمة مجموعة الأدوات الخاصة بالإصلاح مع أجهزة التحكم المتنوعة. لا تعد هذه قائمة تفصيلية، لكنها تغطي الأجهزة الأكثر شيوعًا في الاستخدام.

مؤشرات نيلسون للأسعار

من أجل تقدير التضخم في تكاليف تشغيل وصيانة المعدات، يتم استخدام مؤشرات نيلسون فارار للتكلفة الربع سنوية (المتاحة في العدد الأول الذي يتم إصداره بشكل ربع سنوي في *مجلة النفط والغاز*) وذلك من أجل تحديث التكاليف في الوثائق الخاصة بالدروس المستفادة.

يتم استخدام مؤشر عمليات التكرير من أجل مراجعة تكاليف التشغيل بينما يتم استخدام مؤشر الآلات: التكلفة المفصلة لتكرير النفط من أجل تحديث تكاليف المعدات.

من أجل استخدام تلك المؤشرات في المستقبل، ابحث ببساطة عن أحدث رقم لمؤشر نيلسون فارار ثم تتم قسمة هذا الرقم على رقم مؤشر نيلسون فارار في فبراير/شباط ٢٠٠٦ وفي النهاية يتم ضرب الناتج في التكاليف الملائمة المذكورة في الدروس المستفادة.

تعد صيانة الأجهزة الهوائية طريقة فعالة التكلفة لتقليل انبعاثات الميثان. يجب أن ترى جميع الشركات الصيانة كجزء هام من خطة التطبيق الخاصة بهم. وعلاوة على ذلك فإن التنظيف والضبط إضافة إلى إصلاح الحاشيات التي تؤدي إلى تسرب الغاز والتجهيزات الخاصة بالأنابيب والأقفال يمكنها أن تؤدي إلى توفير من ٥ إلى ١٠ أقدام مكعبة قياسية في الساعة لكل جهاز. وغالبا ما يعمل ضبط الجهاز للعمل على مدى أكبر من النطاق التناسبي على تقليل معدلات التسرب بنحو ١٠ أقدام مكعبة قياسية في الساعة. يمكن أن يعمل تقليل وحدات تحريك الصمام غير اللازمة على توفير ما يصل إلى ١٨ قدم مكعب قياسي في الساعة لكل جهاز.

الخطوة ٣: تقدير التكاليف: قم بتحديد كمية الغاز الذي يمكن توفيره مع جهاز التحكم ذا معدل التسرب المنخفض باستخدام القياس الميداني لجهاز التحكم ذا معدل التسرب المرتفع وآخر ذا معدل تسرب منخفض بحيث يكون الجهازين في وضع التشغيل. في حالة عدم إتاحة معدلات التسرب الفعلية، استخدم مواصفات التسرب التي يقدمها المصنعون.

يمكن تحويل فوائض الغاز إلى نقود توضح الفوائض السنوية باستخدام معدل ٧,٠٠ دولارات لكل ألف قدم مكعب وضرب معدل تخفيض التسرب، الموضح بالقدم المكعب القياسي في الساعة في ٨٦٧٠ ساعة في العام.

فوائض الغاز = (معدل التسرب المرتفع، قدم مكعب قياسي في الساعة) - (معدل التسرب المنخفض، قدم مكعب قياسي في الساعة).

فوائض الغاز السنوية = فوائض الغاز (قدم مكعب قاسي في الساعة) + ٨٧٦٠ ساعة/عام + ألف قدم مكعب/١٠٠٠ قدم مكعب قياسي + ٧,٠٠ دولارات/ألف قدم مكعب.

الخطوة ٤: قم بتقييم المزايا الاقتصادية. يمكن تقييم فعالية التكلفة الخاصة باستبدال أو إصلاح أو صيانة الأجهزة الهوائية ذات معدل التسرب المرتفع باستخدام التحليل الاقتصادي البسيط. ويعد تحليل التكلفة والفائدة للاستبدال أو الإصلاح ملائما لكن تكون هناك حاجة إلى خصائص التسرب المرتفع لأسباب تشغيلية.

يوضح الرسم التوضيحي (٣) تحليل التكلفة والفائدة لاستبدال جهاز التحكم في مستوى السائل ذا معدل التسرب المرتفع. ويتم تحليل التدفق النقدي على مدار فترة خمس سنوات عن طريق توضيح مدى وتوقيت التكاليف (الموضحة في أقواس) والفوائد. في هذا المثال، يتم شراء جهاز تحكم في المستوى يوفر ١٩ قدم مكعب قياسي في الساعة من الغاز باستثمار أولي يبلغ ٥١٣ دولار. وبمعدل ٧,٠٠ دولارات لكل ألف قدم مكعب، يوفر الجهاز ذا معدل التسرب المنخفض ١١٦٥ دولار في العام. يتم ذكر تكاليف الصيانة السنوية لأجهزة التحكم القديمة والجديدة. ويتم توضيح تكلفة الصيانة الخاصة بجهاز التحكم القديم ذا معدل التسرب المرتفع كفائدة حيث أنها تعد تكلفة متجنبة. يعادل صافي القيمة الحالية الفوائد مطروحا منها التكاليف المتراكمة على مدار فترة خمس سنوات ويتم خصم نسبة ١٠% كل عام. ويعد معدل العائد الداخلي هو معدل الخصم الذي يعادل صافي القيمة الحالية الناتجة عن الاستثمار من خلال صفر.

الملحق ٣: حساب فعالية التكلفة الخاصة بالاستبدال						
نوع التكاليف	السنة صفر	السنة الأولى	السنة الثانية	السنة الثالثة	السنة الرابعة	السنة الخامسة
تكاليف التطبيق بالدولار (التكاليف الرأسمالية)[١]	(٥١٣)					
الفوائض السنوية بالدولار (والجديد مقابل القديم)[٢]		١١٦٥	١١٦٥	١١٦٥	١١٦٥	١١٦٥
تكاليف الصيانة بالدولار (جهاز تحكم جديد)[٣]		(٣٤)	(٣٤)	(٣٤)	(٣٤)	(٣٤)
الصيانة المتجنبة بالدولار (جهاز التحكم المستبد)[٣]		٧٠	٧٠	٧٠	٧٠	٧٠
صافي الفائدة	(٥١٣)	١٢٠٢	١٢٠٢	١٢٠٢	١٢٠٢	١٢٠٢
صافي القيمة الحالية[٤] = ٤٠٤٢ دولارات معدل العائد الداخلي = ٢٣٤%						
ملاحظات [١] تكلفة مقتبسة من جهاز فيشر ٢٦٨٠. تم تعديلها لتكاليف الجهاز عام ٢٠٠٦. انظر الملحق (ب) [٢] تم حساب الفوائض السنوية لكل جهاز كتغيير في معدل التسرب بنحو ١٧ قدم مكعب قياسي في الساعة × ٨,٧٦٧٠ ساعة في العام = ١٦٧ ألف قدم مكعب/عام بمعدل ٧ دولارات/ألف قدم مكعب. [٣] تم تقدير تكاليف الصيانة. [٤] صافي القيمة الحالية بناء على معدل خصم ١٠% على مدار خمس سنوات.						

يوضح الرسم التوضيحي (٤) معدل الفوائض التي تنتج عن الطرق المعتمدة لتقليل انبعاثات تسرب الغاز. ومن أجل التبسيط، يفترض أن تتعادل تكلفة صيانة الجهاز الهوائي مع التكلفة قبل وبعد إجراء الاستبدال أو الإصلاح أو الصيانة المحسنة.

وكما هو موضح في الرسم التوضيحي (٤)، ففي بعض الحالات، يكون هناك أكثر من خيار ملائم وفعال التكلفة لتقليل معدل تسرب الغاز في أحد التطبيقات. وبالنسبة للخيارات المذكورة، نرجو ملاحظة أن فترة العائد فيما يتعلق بتكلفة التطبيق قد تتراوح بين شهر واحد إلى عامين.

الدروس المستفادة

الملحق ٤: المزايا الاقتصادية لتقليل انبعاثات الجهاز الهوائي					
الإجراء	**التكلفة بالدولار[١]**	**التخفيضات في معدل التسرب[٢] (ألف قدم مكعب/ عام لكل جهاز)**	**الفوائض السنوية [٣] (دولار/عام)**	**فترة العائد (شهور)**	**معدل العائد الداخلي % [٤]**
الاستبدال					
أجهزة التحكم في المستوى معدل تسرب مرتفع إلى معدل تسرب منخفض	٥١٣	١٦٦	١١٦٥	٦	٢٢٦
أجهزة التحكم في الضغط معدل تسرب مرتفع إلى معدل تسرب منخفض مجموعة أجهزة هوائية من معدنية إلى Soft- seat	١٨٠٩ ١٠٤	٢٢٨ ٢١٩	١٥٩٦ ١٥٣٣	١٤ < ١	٨٤ < ١٤٠٠
الإصلاح					
أجهزة التحكم في المستوى ضئيل فتحة صغرى إلى فتحة كبرى فوهة كبرى إلى صغرى	٦٧٥ ٤١ ١٨٩	٢١٩ ١٨٤ ١٣١	١٥٣٣ ١٢٨٨ ٩١٧	٦ < ١ ٣	٢٢٦ < ٣١٠٠ < ٤٥٠
أجهزة التحكم في الضغط فتحة كبرى إلى صغرى	٤١	١٨٤	١٢٨٨	< ١	< ٣١٠٠
الصيانة					
جميع الأنواع تقليل ضغط الإمداد إصلاح التسرب والضبط	٢٠٧ ٣١	١٧٥ ٤٤	١٢٢٥ ٣٠٨	٣ ٢	< ٥٠٠ < ٩٠٠
أجهزة التحكم في المستوى تغير وضع التقدم	٠	٨٨	٦١٦	فوري	---
وحدات التحريك إزالة المواد غير اللازمة	٠	١٥٨	١١٠٦	فوري	---

[١] تمثل تكلفة التطبيق متوسط تكاليف أجهزة فيشر الهوائية التي تم تركيبها.
[٢] تقليل معدل التسرب.
[٣] الفوائض القائمة على تكلفة الغاز بما يعادل ٧,٠٠ دولارات/ألف قدم مكعب.
[٤] معدل العائد الداخلي الذي يتم حسابه على مدار فترة خمس سنوات.

الدروس المستفادة

محتوى غاز الميثان في الغاز الطبيعي

يحتوي الغاز الطبيعي غير المترابط في قطاع الإنتاج على نسبة ٧٨,٨% تقريبًا من غاز الميثان ويشتمل الغاز الطبيعي عالي الجودة الخاص بخطوط الأنابيب في قطاع النقل على نسبة ٩٣% تقريبا من غاز الميثان. يمكن إجراء حساب تقريبي للتخفيضات في معدلات انبعاث غاز الميثان وذلك عن طريق مقارنة محتوى الغاز الملائم مع فوائض الغاز الطبيعي التي يتم حسابها في هذه الوثيقة.

الملحق ٥: دراسات حالة عن الإصلاحات لتقليل تسربات الغاز في مواقع شركاء "ستار" للغاز الطبيعي

الدراسة	تكاليف التطبيق (بالدولار)	تخفيضات الانبعاثات (ألف قدم مكعب/عام)	الفوائض السنوية (دولار/عام)	العائد شهور	معدل العائد الداخلي
الشركة ١:					
البرنامج ١	٨٩٨٨	٢٢٨٦	١٦٠٠٢	٧	١٧٧
البرنامج ٢	١٣٨٩٢	٣٥٩٢	٢٥١٤٤	٧	١٨٠
إصلاح أجهزة التحكم في مستوى السائل	٥٤٥٢	١٧١٧	١٢٠١٩	٦	٢٢٠
الشركة ٢:					
لكل جهاز	٧٠٢	٢١٩	١٥٣٣	٦	٢١٨

تقدم دراسات الحالة في الرسم التوضيحي (٥) السابق للتحليلات التي تم إجراؤها والفوائض التي حققها شركاء "ستار" للغاز الطبيعي الذين قاموا بتركيب مجموعة أدوات الإصلاح في مرافق إنتاج الغاز.

الخطوة ٥: قم بوضع خطة التطبيق. بعد تحديد الأجهزة الهوائية التي يمكن استبدالها أو إصلاحها أو صيانتها بما يحقق الربح، قم بوضع خطة نظامية لتطبيق التغييرات المطلوبة. يمكن أن يتضمن ذلك تعديل جدول الفحص والصيانة الحالي ووضع أولويات الصيانة أو الإصلاحات. وقد يكون من الأكثر فعالية للتكلفة استبدال جميع هذه الأجهزة التي تفي بالمعايير الفنية والاقتصادية لتحليلك مرة واحدة وذلك من أجل تقليل تكاليف العمالة وتقليل مرات توقف التشغيل.

عندما يكون أحد الأجهزة الهوائية في نهاية عمر استخدامه ويكون من المقرر استبداله، يحب استبداله بطراز ذا معدل تسرب منخفض بدلا من استبداله بجهاز جديد ذا معدل تسرب مرتفع.

عند تقييم الخيارات الخاصة باستبدال الأجهزة الهوائية ذات معدل التسرب المرتفع، قد يؤثر سعر الغاز الطبيعي على عملية صنع القرار. يوضح الرسم التوضيحي (٦) تحليلا اقتصاديا للاستبدال المبكر للجهاز الهوائي ذا معدل التسرب المرتفع بجهاز ذا معدل تسرب منخفض بأسعار مختلفة للغاز الطبيعي.

الملحق ٦: أثر سعر الغاز على التحليل الاقتصادي					
	٣ دولارات / ألف قدم مكعب	٥ دولارات / ألف قدم مكعب	٧ دولارات / ألف قدم مكعب	٨ دولارات / ألف قدم مكعب	١٠ دولارات / ألف قدم مكعب
قيمة الغاز المدخر	٧٨٠ دولار	١٣٠٠ دولار	١٨٢٠ دولار	٢٠٨٠ دولار	٢٦٠٠ دولار
فترة تعويض تكلفة المشروع (بالأشهر)	٢٩	١٨	١٣	١١	٩
المعدل الداخلي للعائد (IRR)	%٣١	%٦٤	%٩٥	%١١٠	%١٣٩
صافي القيمة الحالية =١٠%	١١٠٧ دولار	٣٠٧٨ دولار	٥٠٤٩ دولار	٦٠٣٥ دولار	٨٠٠٦ دولار

تكنولوجيات أخرى

يعد الهواء الآلي وغاز النيتروجين وأجهزة التحكم في الصمام الكهربائي وأنظمة التحكم الميكانيكية بعض من البدائل للأجهزة الهوائية المدعومة بالغاز التي يستخدمها بعض الشركاء.

- **الهواء الآلي.** تعمل هذه الأنظمة بدلا من الهواء المضغوط والجاف وتحل محل الغاز الطبيعي في الأجهزة الهوائية وبناء عليه، فإنها تعمل على الحد من معدلات انبعاث غاز الميثان تماما. يتم تركيب أنظمة الهواء الآلي من المرافق التي يكون بها تركيز مرتفع من صمامات التحكم الهوائية ومشغل دائم (على سبيل المثال، تستخدم معظم محطات معالجة الغاز الهواء الآلي للأجهزة الهوائية). وترتبط التكاليف الرئيسية ذات الصلة بأنظمة الهواء الآلي برأس المال والطاقة. يتم دعم أنظمة الهواء الآلي بالضواغط الكهربائية وتحتاج إلى تركيب عوازل الماء وخزانات السعة من أجل ترشيح الهواء وتجفيفه وتخزينه لاستخدامه في التشغيل الآلي. وبوجه عام، توصل الشركاء إلى أن التطبيق فعال التكلفة لأنظمة الهواء الآلي يقتصر على المواقع المدنية ذات مصدر الكهرباء البديل أو الكهرباء المولدة ذاتيا. تقدم دراسة الدروس المستفادة "تحويل الأجهزة الهوائية المدعومة بالغاز إلى الهواء الآلي" وصفًا تفصيليًا لعملية صنع القرار الفنية والاقتصادية اللازمة لتقييم التحول من الأجهزة الهوائية المدعومة بالغاز إلى الهواء الآلي.
- **غاز النيتروجين.** على خلاف أنظمة الهواء الآلي التي تتطلب نفقات رأس مالية وطاقة كهربائية، تحتاج هذه الأنظمة فقط إلى تركيب أسطوانة نيتروجين سائل عالي التبريد واستبدالها بشكل دوري إضافة إلى جهاز تبخير للنيتروجين السائل. يستعين النظام بمنظم الضغط من أجل التحكم في إمدادات غاز النيتروجين (بمعنى ضغط الغاز) عند دخوله إلى نظام التحكم. يعد العيب الرئيسي لهذه الأنظمة هو تكلفة النيتروجين السائل والمخاطر المحتملة التي تتعلق بالأمان والناتجة عن استخدام السوائل النيتروجينية.
- **أجهزة التحكم في الصمام الكهربائي.** نتيجة للتطورات التكنولوجية، فإن استخدام التشغيل الآلي للتحكم الإلكتروني يتزايد. تستخدم هذه الأجهزة محركات كهربائية صغيرة لتشغيل الصمامات بحيث لا يتسرب الغاز الطبيعي في الجو. وبينما تعتمد هذه الأنظمة على الإمداد المستمر بالكهرباء وتحتاج إلى تكاليف تشغيلية ذات صلة، فإنها تتميز بعدم الحاجة إلى الغاز الطبيعي أو الضاغط لكي يتم تشغيلها.
- **أنظمة التحكم الميكانيكي.** يتم استخدام هذه الأجهزة على نطاق كبير في صناعات الغاز الطبيعي والنفط. إنها تعمل باستخدام مجموعة من اليايات (الزنبرك) والرافعات وقنوات التدفق والعجلات اليدوية. وبينما يعد تصميمها بسيطًا ولا تحتاج إلى الغاز الطبيعي أو إلى مصدر الطاقة لكي يتم تشغيلها، فإن استخدامها يعد محدودا نتيجة للحاجة إلى كون صمام التحكم قريبا جدا من قياس المعالجة. وبالمثل، فإن هذه الأنظمة تكون غير قادرة على معالجة التقلبات الكبرى في معدل التدفق ونقص حساسية الأجهزة الهوائية.

يشتمل كل خيار من هذه الخيارات على مميزات وعيوب. عندما يقوم شركاء "ستار" للغاز الطبيعي بتركيب هذه الأجهزة البديلة للأجهزة الهوائية المدعومة بالغاز، يجب عليهم الإبلاغ عن التخفيضات في معدلات الانبعاثات وتحديد الفوائض.

الدروس المستفادة

تجربة أحد الشركاء

قامت شركة ماراثون للنفط بإجراء دراسة على ١٥٨ جهاز تحكم هوائي في ٥٠ موقع إنتاج باستخدام عينة ذات تدفق مرتفع لقياس معدل الانبعاثات. وقد تم التوصل إلى عدم قيام نصف هذه الأجهزة بتسريب للميثان (على سبيل المثال صمامات التفريغ المرجحة، والمنظّمات العاملة بالياي (الزنبرك) وأجهزة التحكم في الحرارة الشعرية المحصورة ومفاتيح الضغط الخاصة بعدم التسريب). كانت الأجهزة ذات معدل التسرب المرتفع تمثل ٣٧ من بين ٦٧ جهازا للتحكم في المستوى و٥ من بين ٧٦ جهاز تحكم في الضغط وجهازًا واحدًا من بين ١٥ جهازا للتحكم في الحرارة. وكان إجمالي انبعاثات الغاز التي تم قياسها ٥٨٣ قدم مكعب قياسي في الساعة وكان ٨٦% من الانبعاثات من أجهزة التحكم في المستوى مع تسرب يصل إلى ٤٨ قدم مكعب قياسي في الساعة ومتوسط ٧,٦ قدم مكعب قياسي في الساعة. وتوصلت شركة ماراثون إلى أن أجهزة التحكم ذات معدل الانبعاثات المرتفع يمكن تحديدها على أساس كمي من خلال الصوت قبل قياس معدل التسرب. مع توضيح ضرورة القياس الكمي لانبعاثات غاز الميثان باستخدام أحد الأجهزة التكنولوجية المتقدمة.

تجربة أحد الشركاء

استبدلت شركة يونيون باسيفيك ريسورسز ٧٠ جهازًا هوائيًا بمعدل تسرب مرتفع بأجهزة هوائية ذات معدل تسرب منخفض وقامت بإصلاح ٣٣٠ جهازًا هوائيًا بمعدل تسرب مرتفع. ونتيجة لذلك فقد قدر هذا الشريك نسبة تخفيض انبعاثات الميثان بنحو ٤٩,٦٠٠ ألف قدم مكعب في العام. وبافتراض كون سعر الغاز ٧ دولارات لكل ألف قدم مكعب، فإن الفوائض تعادل ٣٤٧,٢٠٠ دولار. هذا وتعد تكاليف استبدال وإصلاح جميع الأجهزة، بما في ذلك المواد والعمال هي ١٦٦,٣٠٠ دولار حسب تقديرات عام ٢٠٠٦ مما أدى إلى فترة عائد أقل من عام واحد.

الدروس المستفادة

يقدم شركاء "ستار" للغاز الطبيعي الدروس المستفادة التالية:

- اسمعه، اشعر به، قم باستبداله . عندما يمكنك سماع الانبعاثات أو الشعور بها تكون هذه إشارة على كون الانبعاثات هامة وتتطلب إجراءًا تصحيحيًا.
- ويعد تردد دورة صمام التحكم مؤشرًا آخرًا على الانبعاثات المفرطة. عند دوران الأجهزة أكثر من مرة واحدة في الدقيقة، يمكن استبدالها أو إصلاحها على نحو يحقق الربح.
- ليس بالضرورة ن تكون معدلات التسرب التي يذكرها المصنعون في مواصفاتهم هي نفس المعدلات التي يراها المستخدمون. سوف تتزايد معدلات التسرب الفعلية عن مواصفات المصنعين بوجه عام نتيجة لظروف التشغيل المختلفة عن افتراضات المصنع وأوضاع التركيب والصيانة.
- دمج إجراءات الإصلاحات أو الاستبدالات مع أنشطة تحسين الصيانة. لا تتغاضى عن الحلول البسيطة مثل استبدال الأنابيب والتجهيزات أو إعادة تنظيم أجهزة التحكم.
- يمكن أن يتم سد أصغر فتحات في الأجهزة ذات معدل التسرب المنخفض ومجموعة أدوات الإصلاح نتيجة للحطام من الأنابيب المتآكلة. وبناء عليه يجب تنظيف أنابيب الغاز الهوائية قبل إصلاحها بالأجهزة ذات الفتحات الصغرى كما يجب صيانة مرشحات الغاز جيدا.
- عند استبدال أنظمة التحكم الهوائية المدعومة بالغاز الطبيعي بأنظمة الهواء الآلي أو أي أنظمة أخرى، لا تنس اعتبار الفوائض الناتجة عن انخفاض معدلات انبعاث غاز الميثان.
- اذكر انخفاض معدلات انبعاث غاز الميثان من الأجهزة الهوائية في التقارير السنوية التي يتم تقديمها كجزء من برنامج "ستار" للغاز الطبيعي.

الدروس المستفادة

المراجع

بيرليج، براين، شركة فيشر كونترولز انترناشيونال، الاتصال الشخصي.

كولويل، كريس، موزينيلان، الاتصال الشخصي.

شركة فيشر كونترول انترناشيونال. *تسرب الغاز من الأجهزة الهوائية، استراتيجية التخفيض والتطبيق العمل.*

فريز، جاك، نوريبيل، الاتصال الشخصي.

جارفي، جيه ميشيل، عمليات بيكر دي إف س، الاتصال الشخصي.

هانكل، بيل، أميتبك- قسم بي إم تي، الاتصال الشخصي.

هيندرسون، كارولين، برنامج "ستار" للغاز الطبيعي مدعوما من قبل هيئة الحماية البيئية الأمريكية. الاتصال الشخصي.

هوسون، فرانك. آي تي تي بارتون، الاتصال الشخصي.

لوب، بوب، شركة كونترول سيستم سبشياليست، الاتصال الشخصي.

ميرفي، جون، بريستول بايكوك، الاتصال الشخصي.

شركة راديان *خصائص الجهاز الهوائي*. مسودة التقرير النهائي، معهد أبحاث الغاز وهيئة الحماية البيئية، يناير ١٩٩٦.

تينجلي كيفن، برنامج "ستار" للغاز الطبيعي مدعوما من قبل هيئة الحماية البيئية الأمريكية، الاتصال الشخصي.

ويلمور، مارتن آر، شركة شافر فالف، الاتصال الشخصي.

أولانسكي، واين، *تكنولوجيا الصمامات والمشغلات* ماك جرو، ١٩٩١.

ملحق (أ)

يشتمل الجدول التالي على معدلات التسرب التي أبلغ عنها الشريك. لقد تم ذكر معدلات التسرب الفعلي عند إتاحتها. تحدث الاختلافات نتيجة لمجموعة متعددة من الأسباب:

- الصيانة
- ظروف التشغيل
- افتراضات المصنّع مقابل افتراضات التشغيل.

إنه لمن الضروري أن نلاحظ أن معلومات المصنّع لم يتم التحقق منها من قبل أي طرف آخر وقد تكون هناك اختلافات كبرى بين معدلات التسرب التي أعلن عنها المصنع ومعدلات التسرب التي تتضح من التشغيل. وحتى إتاحة المجموعة الكاملة من المعلومات، يجب أن تتوخ الشركات الحذر وتقارن معدلات التسرب في الوحدات المعيارية عند مقارنة المصنعين والنماذج. وأثناء هذه الدراسة، توصلنا إلى أن المصنّعين قد قدموا معلومات في مجموعة كبيرة من الوحدات المختلفة وافتراضات التشغيل المختلفة أيضا.

معدل تسرب الغاز بالنسبة لمجموعة مختلفة من الأجهزة الهوائية			
طراز جهاز التحكم	النوع	معدلات الاستهلاك (CFH)	
		بيانات المصنع	البيانات الميدانية عند إتاحتها
الأجهزة الهوائية ذات معدل التسرب المرتفع			
** سلسلة فيشر ٤١٠٠	جهاز التحكم في الضغط (فتحة كبرى)	٣٥	
** سلسلة فيشر ٢٥٠٠	أجهزة التحكم في مستوى السائل (P.B في المعدل المتوسط).	٣٤-١٠	٧٢-٤٤
* انفالكو إيه أي (AE-155)	جهاز التحكم في مستوى السائل		٦٣-٤٤
* منتجات مور - طراز 750P	وحدة التحريك	٤٢	
*سلسلة انفالكو سي تي (CT)	أجهزة التحكم في مستوى السائل.	٤٠	
** فيشر 4150/4160K	جهاز التحكم في الضغط (P.B أو ١٠)	٢٩-٢,٥	
** فيشر ٥٤٦	محول الطاقة	٢١	
** فيشر 3620J	وحدة التحريك الكهربية الهوائية.	١٨,٢	
فاكسبورو 43AP	جهاز التحكم في الضغط	١٨	
** فيشر 3582i	وحدة التحكم الكهربية الهوائية	١٧,٢	
** سلسلة فيشر ٤١٠٠	جهاز التحكم في الضغط (فتحة صغيرة)	١٥	
** فيشر DVC 6000	وحدة تحريك كهربية هوائية	١٤	
** فيشر ٨٤٦	محول الطاقة	١٢	
** فيشر ٤١٦٠	جهاز التحكم في الضغط (P.B0.5)	٣٤-١٠	
** فيشر ٢٥٠٦	جهاز التحكم في المستقبل (P.B0.5)	١٠	
** فيشر DVC 5000	وحدة تحريك كهربية هوائية	١٠	
مازونيلان 4700E	وحدات تحريك	٩	
** فيشر ٣٦٦١	وحدة تحريك كهربية هوائية	٨,٨	
** فيشر ٦٤٦	محول طاقة	٧,٨	
** فيشر ٣٦٦٠	وحدة تحريك هوائية	٦	
** آي تي بارتون 335P	جهاز تحكم في الضغط	٦	
سلسلة أمنيتك ٤٠	أجهزة تحكم في الضغط	٦	

الدروس المستفادة

الأجهزة الهوائية دون معدل التسرب أو ذات معدل التسرب المنخفض			
**مازونيليان إس في	وحدات تحريك	٤	
** سلسلة فيشر ٤١٩٥	أجهزة تحكم في الضغط	٣,٥	
** آي تي تي بارتون 273A	جهاز ناقل للضغط	٣	
** آي تي تي بارتون 273A	جهاز ناقل للضغط	٣	
** آي تي تي بارتون 273A	جهاز ناقل للضغط	٣	
** آي تي تي بارتون 273A	جهاز ناقل للضغط	٣	
** سلسلة بريستول بابكوك 5457-70F	جهاز ناقل	٣	
** سلسلة بريستول بابكوك طراز ٥٤٥٣-طراز ٦٢٤- II	أجهزة التحكم في مستوى السائل	٣	
** سلسلة بريستول بابكوك طراز- ٥٤٥٣– 10F	أجهزة تحكم في الضغط	٣	
** سلسلة بريستول بابكوك طراز III -٥٤٥٥	أجهزة تحكم في الضغط	٣	
** آي تي تي بارتون ٣٥٨	جهاز تحكم في الضغط	٣	
** آي تي تي بارتون ٣٥٩	جهاز تحكم في الضغط	١,٨	
**فيشر 3610J	وحدة تحريك هوائية	١,٨	
**سلسلة بريستول بابكوك 502 A/D	جهاز هوائي للتسجيل	١٦	
** فيشر ٤٦٦٠	٥ محولات طاقة تجريبية عالية الضغط لأجهزة التحكم ٠,٤٢	٦ >	
**سلسلة بريستول بابكوك 9110-00A	التحكم ٠,٤٢	٥ >	
سلسلة فيسر ٢١٠٠	أجهزة تحكم في مستوى السائل	٠,٤٢	
** فيشر ٢٦٨٠	أجهزة تحكم في مستوى السائل	١	
* نوريسيال ١٠٠١ A) (مفاجئ)	جهاز تحكم في مستوى السائل	١ >	
* نوريسيال ١٠٠١ (A) (مفاجئ)	جهاز تحكم في مستوى السائل	٠,٢	٠,٢
*نوريسيال ١٠٠١ (A)	جهاز تحكم في مستوى السائل	٠,٠٠٧	٠,٠٠٧
*نوريسيال ١٠٠١ (A) (صمام خانق)	جهاز تحكم في مستوى السائل	٠	٠
** بيكر VRP-B-CH	نظام تجريبي مزدوج للتحكم في الضغط (يحل محل أجهزة التحكم ووحدات التحريك)	١٠-٠	
**بيكر HPP-5	وحدة تحريك هوائية (مزدوجة)	١٠-٠	
**بيكر EFP-2.0	وحدة تحريك هوائية كهربائية	٠	

الدروس المستفادة

** بيكر VRP-SB	نظام فردي تجريبي للتحكم في الضغط (يحل محل أجهزة التحكم ووحدات التحريك)	٠	
** جهاز تحكم بيكر VRP-SB GAP	يحل محل أجهزة التحكم الهوائية من النوع ذا الفجوة	٠	
** جهاز تحكم بيكر VRP-SB-PIB	نظام تحكم فردي تجريبي في الضغط تم تصميمه خصيصا لمحطات الطاقة (يحل محل أجهزة التحكم ووحدات التحريك)	٠	
** بيكر VRP-SB-CH	جهاز تحكم فردي تجريبي في الضغط (يحل محل أجهزة التحكم ووحدات التحريك)	٠	
** بيكر HP-SB	وحدة تحريك هوائية (فردية)	٠	
طراز المشغل	**الحجم**	**بيانات جهة التصنيع**	**البيانات الميدانية**
* سلسلة شافر RV مشغلات صمام دوارة	٣٣ بوصة × ٣٢ بوصة	١٠٨٤	
	٣٦ بوصة × ٢٦ بوصة	٧٦٨	
	٢٦ بوصة × ٢٢ بوصة	٤٦٩	
	٢٥ بوصة × ١٦ بوصة	٣٢٣	
	٢٠ بوصة × ١٦ بوصة	٢٠١	
	١٦,٥ بوصة × ١٦ بوصة	١٢٨	
	١٤,٥ بوصة × ١٤ بوصة	٨٦	
	١٢,٥ بوصة × ١٢ بوصة	٤٩	
	١٢ بوصة × ٩ بوصة	٢٢	
	١١ بوصة × ١٠ بوصة	٣٢	
	٩ بوصة × ٧ بوصة	١٢	
	٨ بوصة × ٦,٥ بوصة	٨	
	٦,٥ بوصة × ٣,٥ بوصة	٦	
	٥ بوصة × ٣ بوصة	٦	
طراز المشغل	**الحجم**	**عدد الحركات النظامية الدوارة لكل قدم مكعب**	**عدد الحركات النظامية الخانقة لكل قدم مكعب**
** مشغلات صمام فيشر	٢٠	٢١	٣٩
** مشغلات صمام فيشر	٣٠	١٢	٢٢
** مشغلات صمام فيشر	٣٤/٤٠	٦	١٠
** مشغلات صمام فيشر	٤٥/٥٠	٣	٥
** مشغلات صمام فيشر	٤٦/٥٠	٢	٣

* تاريخ آخر تحديث في ١٩٩٦
**: تاريخ آخر تحديث في ٢٠٠١

ملحق (ب)

أجهزة التحكم الملائمة مع أدوات ميزر للإصلاح	
النوع	**رقم العلامة التجارية/الطراز**
أجهزة التحكم في مستوى السائل	انفالكو C.E 215، 402، AE-155
	نوريسيال– 1001، 1001A
أجهزة التحكم في الضغط	نوريسيال– 4300
أسعار التجزئة المقترحة لعدد من الأجهزة الهوائية ذات معدل التسرب المنخفض ذات العلامات التجارية المختلفة (تعتمد التقديرات على أفضل المعلومات المتاحة وقت النشر).	
العلامة التجارية	**سعر طراز كل جهاز**
** آي تي تي بارتون 335P (جهاز تحكم في الضغط)	٩٢٠ دولار
** آي تي تي بارتون 273A (جهاز ناقل للضغط)	١٠١٠ دولار
** آي تي تي بارتون 274A (جهاز ناقل للضغط)	١٣٨٥ دولار
** آي تي تي بارتون 285B (جهاز ناقل للضغط)	١٦٠٥ دولار
** آي تي تي بارتون 285B (جهاز ناقل للضغط)	١٩٩٠ دولار
** آي تي تي بارتون 340E (جهاز التحكم في تسجيل للضغط)	١٤٠٠ دولار
** آي تي تي بارتون 338E (جهاز تحكم مسجل)	٢٨٠٠ دولار
** سلسل أمينتيك ٤٠ (أجهزة تحكم في الضغط)	١١٠٠ دولار (معدل التكلفة)
** بيكر VRB-B-CH	١٥٧٥ دولار
** بيكر HPP-5	١٦٧٥ دولار
** بيكر VRP-SP	١٥٧٥-٢٠٠٠ دولار
** بيكر VRP-SB-CH-PID	٢٠٧٥ دولار
** بيكر VRP-SB-CH	١٥٧٥ دولار
** بيكر HPP-SB	١٦٧٥ دولار
** مجموعة أدوات ميزر للإصلاح	٤٠٠-٦٠٠ دولار
** فيشر67AFR (منظمات هوائية)	٨٠ دولار
** فيشر ٢٦٨٠ (أجهزة تحكم في مستوى السائل).	٣٨٠ دولار
** فيشر ٤١٩٥ (أجهزة التحكم في الضغط)	١٣٤٠ دولار
** سلسلة بريستول بابكوك ٩١١٠-٠٠A(محولات طاقة)	١٥٣٥-١٥٥٠ دولار
** سلسلة بريستول بابكوك (أجهزة تحكم)	١٥٤٠ دولار
** سلسلة بريستول بابكوك ٥٤٥٣ ٤٠ G(أجهزة تحكم في الحرارة)	٣٥٠٠ دولار
** سلسلة بريستول بابكوك 624-5457 II(أجهزة تحكم)	٣١٤٠ دولار
** سلسلة بريستول بابكوك D/502A(أجهزة تحكم في التسجيل)	٣٠٠٠ دولار
** سلسلة بريستول بابكوك 624-5455 III(أجهزة تحكم في الضغط)	١١٣٥ دولار
** سلسلة بريستول بابكوك 5453 -624 II(أجهزة تحكم في مستوى السائل)	٢٣٤٥ دولار
** سلسلة بريستول بابكوك ١٠ 5453 -F(أجهزة تحكم في الضغط)	١٤٤٠ دولار
*: أخر تحديث في ١٩٩٦ **: آخر تحديث في ٢٠٠١	

الدروس المستفادة

1EPA
United States
Environmental Protection Agency
Air and Radiation (6202J)
1200 Pennsylvania Ave., NW
Washington, DC 20460

EPA xxx
xxx 2006

1EPA
الولايات المتحدة
وكالة الحماية البيئية
الهواء والإشعاع (٦٢٠٢ جيه)
١٢٠٠ طريق بنسلفانيا، إن دبليو
واشنطون، دي سي ٢٠٤٦٠

EPA xxx
٢٠٠٦ xxx